



(A)



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-86874

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)5月16日

H 01 L 29/91

7638-5F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体ダイオードとその製法

⑯ 特 願 昭59-196508

⑰ 出 願 昭59(1984)9月19日

優先権主張 ⑱ 1983年9月21日 ⑲ 西ドイツ(DE) ⑳ P3334167.2

㉑ 発 明 者 ヤーコブ、フーバー ドイツ連邦共和国バイハルチング、フルールベーク 35  
㉒ 発 明 者 エワルト、ベツテンバウエル ドイツ連邦共和国ウンターハツヒング、ファザーネンシュ  
㉓ 出 願 人 シーメンス、アクチェンゲゼルシャフト ドイツ連邦共和国ベルリン及ミュンヘン(番地なし)  
㉔ 代 理 人 弁理士 富 村 潔

明 細 書

1 発明の名称 半導体ダイオードとその製法

2 特許請求の範囲

1) 同種ドーブされた第1領域と第2領域が異種ドーブされた第3領域によつて互に隔離され、同種ドーブされた2領域にオーム接触が設けられている半導体ダイオードにおいて、第3領域(5)が真性半導体であり、その大きさはある値のダイオード印加電圧と動作温度において両側の同種ドーブ領域(3, 4)の間で第3領域を通してのキャリアのトンネル効果による流通が可能であるように選ばれていること、3領域(3, 4, 5)が半導体基板(2)の表面に構成されたプレーナ構造を構成することを特徴とする半導体ダイオード。

2) 半導体基板(2)が半絶縁性材料から成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体ダイオード。

3) 半導体基板(2)が2成分、3成分又は4成分化合物半導体から成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の半導体ダイオード。

4) 半導体基板(2)がガリウム・ヒ素、インジウム・リン又はガリウム・アルミニウム・ヒ素から成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第3項の一つに記載の半導体ダイオード。

5) 同種ドーブされた2領域(3, 4)がnドーブされていることを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第4項の一つに記載の半導体ダイオード。

6) 同種ドーブされた2領域(3, 4)がpドーブされていることを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第4項の一つに記載の半導体ダイオード。

7) 同種ドーブされた2領域(3, 4)が等しいドーピング濃度を示すことを特徴とする特

許請求の範囲第1項乃至第6項の一つに記載の半導体ダイオード。

- 8) 同種ドーブされた2領域(3, 4)が互に異つたドーピング濃度を示すことを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第6項の一つに記載の半導体ダイオード。
- 9) 同種ドーブされた2領域(3, 4)の少くとも一方が真性領域とは異つた半導体材料から成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第8項の一つに記載の半導体ダイオード。
- 10) 3領域(3, 4, 5)中の少くとも一つが半導体基板(2)とは異つた材料から成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第9項の一つに記載の半導体ダイオード。
- 11) 半導体ダイオード(1)が少くとも一つの別の半導体デバイスと共に同一半導体基板(2)上に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第10項の一つに記載

ープ層から成り、このエピタキシャル成長半導体層に写真蝕刻法によつて構造が作られ、両ドーブ領域(3, 4)となるエピタキシャル成長半導体層部分はそのまま残され、真性半導体領域(5)部分ではエピタキシャル成長半導体層がその下の真性半導体基板に達するまで完全に除去されることを特徴とする特許請求の範囲第13項記載の方法。

- 16) 両ドーブ領域(3, 4)がまず全面的のエピタキシャル成長又はイオン注入によつて真性半導体基板(2)上に形成されること、真性半導体領域(5)が全面的のイオン注入又はエピタキシャル成長区域に絶縁性イオン注入を行なうことによつて作られることを特徴とする特許請求の範囲第13項記載の方法。
- 17) 絶縁性イオン注入が酸素イオン又は水素イオンの注入であることを特徴とする特許請求の範囲第16項記載の方法。

### 3. 発明の詳細な説明

載の半導体ダイオード。

- 12) 半導体ダイオード(1)が保護ダイオードであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体ダイオード。
- 13) 半導体基板(2)内に同種ドーブされた二つの領域(3, 4)が互に分離して形成され、これらの領域の間の中間領域が無ドーブ状態にとどめられること、この中間領域が真性半導体でない場合には真性半導体領域(5)に変えられること、ドーブされた両領域(3, 4)の表面にオーム接触層(6, 7)が析出形成され合金化されること、全面的の表面安定化処理が行なわれることを特徴とする半導体ダイオードの製造方法。
- 14) 両ドーブ領域(3, 4)がイオン注入とそれに続く回復処理によつて作られることを特徴とする特許請求の範囲第13項記載の方法。
- 15) 両ドーブ領域(3, 4)が半導体基板(2)の表面に全面的にエピタキシャル成長したド

### 〔産業上の利用分野〕

この発明は、同種ドーブされた二つの領域がそれらに対して異種ドーブされた第3領域によつて隔離され、同種ドーブの二領域にオーム接触が設けられている半導体ダイオードおよびその製造方法に関する。

### 〔従来技術〕

この種の半導体ダイオードは欧州特許第0003130号明細書によりバルク・ダイオードという名称をもつて公知である。このダイオードは互に境を接する三つの半導体層で構成されるNPN又はPNP3層構造であり、各半導体層にはオーム接触が設けられ、3層構造の中間層はエネルギー障壁を低くするため極めて薄く作られ、外部から電極に電圧が印加されていなくても中間層全体が自由キャリア空乏層となるようにドーブされている。バルク・ダイオードとして構成されたこの種のダイオードはガリウム・ヒ素系の半導体デバイスにおいての保護ダイオードとして使用するこ

とは著しく困難であり、時には不可能である。そのためにはガリウム・ヒ素に対して高濃度のpドーピングが必要となるが、これはよく知られているように極めて困難であるか不可能である。この外に半絶縁性の基板上に作られたガリウム・ヒ素デバイスは静放電に対して著しく敏感である。従って従来化合物半導体の半絶縁性基板上に保護ダイオードが組み込まれたことはない。ガリウム・ヒ素デバイスの静放電に対する感受性とこの種のデバイスが主としてプレーナ素子として半絶縁性基板上に構成されるという事実から、半絶縁性基板上のガリウム・ヒ素デバイスに対するプレーナ形保護ダイオードの製作方法は特別な重要性を持っている。

#### 〔発明が解決すべき問題点〕

この発明の目的は、半絶縁性の基板上のプレーナ形ダイオードとしても好適であり、低いしきい値電圧を予め規定しておくことが可能であり、同じ基板上に設けられた半導体デバイスに対する保

護を使用することもこの発明の枠内にある。この発明によるダイオードはこの種の基板上に技術的に容易にかつ低い製作費をもつて製作することができる。従来公知のダイオード例えばNPNダイオードは化合物半導体の基板上には實際上製作不可能である。この場合1cm<sup>2</sup>当り10<sup>18</sup>個のドーパントという高いpドーピング密度が必要となるが、化合物半導体に対してこのように高密度のpドーピングの効果的な実施は不可能である。化合物半導体に高密度にドーピングするとその結晶構造が大きく乱され、所望の効果の達成が不可能となるかあるいは化合物半導体内のドーパントの両性特性に基き所望のものと逆の作用を行なうようになる。

両方の同種ドーピング領域をnドーピングとすることもこの発明の枠内にある。多くの化合物半導体ではnドーピングの方がpドーピングよりも容易である。

ただし場合によつては同種ドーピングの2領域をpドーピングとする方が有利であることもあり得る。

護ダイオードとして組込むことができる半導体ダイオードを提供することである。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

この目的は冒頭に挙げたダイオードにおいて、第3領域を真性半導体領域とし、その寸法を特定の外部印加電圧と動作温度においてキャリアが同種ドーピング領域の一方から他方に向つて中間の真性領域をトンネル効果により通り抜けることが可能であるように選び、3領域をプレーナ構造として半導体基板上に設けることによつて達成される。

#### 〔作用効果〕

この発明のダイオードによつて半絶縁性の基板上のガリウム・ヒ素デバイスに対する保護ダイオードの製作が可能となり、しかもこの発明のダイオードは比較的低い製作費と従来検証済みの技術によつて実現可能である。

半絶縁性の半導体基板に対して2成分、3成分又は4成分化合物半導体例えばガリウム・ヒ素、インジウム・リン又はガリウム・アルミニウム・

多くの応用分野では両方の同種ドーピング領域を等しいドーピング濃度とするのが有利であるが、特殊の応用方面では両方の同種ドーピング領域のドーピング濃度を別にする方が有利である。

ある応用分野では二つの同種ドーピング領域の少くとも一方を真性半導体領域とは異つた半導体材料とする方が有利である。

ダイオードの3領域中の少くとも一つが半導体基板とは異つた半導体材料であることが有利な場合もある。

多くの応用分野ではこの発明の半導体ダイオードを例えば保護ダイオードとして少くとも一つの半導体デバイスと共に同じ半導体基板上に設けると特に有利である。

この発明による半導体ダイオードの製作は次の工程によるのが有利である。まず半導体基板内に少くとも二つの同種ドーピングされた領域を互に隔離して形成させ、その際それらの間の中間区域は無ドーピング状態にしておく。次いでこの中間区域が真

性半導体でない場合にはこれを真性領域に変える。両側の同種ドーブ領域にオーミック接触層を析出させ、合金化により接触を作る。最後に全面に表面安定化処理を施す。

ある種の応用分野に対してはドーブ領域をイオン注入とそれに続く回復処理によつて設けるのが有利である。別の応用分野では両側のドーブ領域を真性半導体基板上に全面的にエピタキシャル成長させたドーブ半導体層から作る方が有利である。このエピタキシャル半導体層には写真蝕刻により構造を作り、ドーブ領域となるエピタキシャル半導体層部分は基板表面上に残し、真性領域が作られる個所ではエピタキシャル半導体層を真性基板に達するまで完全に除去する。

同種ドーブ領域をエピタキシャル又はイオン注入によつて真性半導体基板上に設け、真性領域を絶縁性イオン注入例えば酸素又は水素のイオン注入によつて作ることもこの発明の枠内にある。

#### 〔実施例〕

第2図は第1図の半導体ダイオード1の平面図である。第1図と対応する部分は同じ番号で示されているので更めて説明しない。dはダイオードの長さ即ち真性半導体層5の幅であり、cは真性層5とドーブ領域3、4上のオーミック接触6、7との間の間隔である。bはダイオードの幅即ちドーブ領域3、4の真性領域5の長辺に平行な拡がりである。

基板がガリウム・ヒ素であり、ドーブ領域3と4が互に等しいドーピング密度をもつてシリコンでドーブされ、その密度が約 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であり、オーミック接触層がゲルマニウム・金・クロム・金組成である特定の実施例では寸法b、c、dが $b = 80 \mu\text{m}$ 、 $c = 15 \mu\text{m}$ 、 $d = 1.5 \mu\text{m}$ となつている。

第3図にこの特定の実施例の電流電圧特性曲線を示す。

第3図にこの特定の実施例の電流電圧特性曲線を示す。この特定の寸法b、c、dと特に選ばれ

図面を参照し実施例についてこの発明を更に詳細に説明する。

第1図にこの発明による半導体ダイオード1の断面を示す。2成分、3成分又は4成分化合物半導体例えばガリウム・ヒ素、インジウム・リン又はガリウム・アルミニウム・ヒ素から成る半絶縁性の半導体基板2の表面に例えばn型に同種ドーブされた二つの領域3、4が設けられ、これらの領域の間に真性領域5が置かれている。半導体基板2が真性半導体である場合には、領域5は両側のドーブ領域3と4の間にそのまま残された中間領域として始めから真性である。半導体基板2が真性でないときは、領域5は真性となるように処理される。ドーブ領域3と4には例えばゲルマニウム・金をベースとするオーミック接触層6、7がとりつけられる。一例としてはゲルマニウム・金・クロム・金の層列又はゲルマニウム・金・ニッケル・金の層列を領域3、4の上に設けることができる。

た材料に対しては特性曲線8から分るようにより約-2.5Vから+2.5Vの電圧範囲で電流Iが0である。この電圧範囲の外側では電流が電圧と共に急上昇するが、これはキャリアがトンネル効果により真性領域5を通り抜けることに帰するものである。この発明による半導体ダイオードの特殊の形態、特にドーブ領域3と4の間隔を決定する真性領域5の長さdによつて半導体ダイオードのしきい値電圧を変化させることができる。真性領域5を通してのキャリアのトンネル効果による通り抜けは、この領域が狭い程低い外部印加電圧において生ずる。

この発明による半導体ダイオードは第1図、第2図に示した形態に限定されるものではなく、種々の形状とすることができる。例えば円対称の円盤形ダイオードとすることも可能である。

この発明によるダイオードは例えばガリウム・ヒ素系のデバイス、特にガリウム・ヒ素電界効果トランジスタに対する保護ダイオードとして使用

される。この場合半導体ダイオード1はゲートとソース又は規準電位の間に挿入される。

この発明によるダイオードは特定のしきい値電圧特に低いしきい値電圧を必要とする総ての応用分野にも好適である。特に走行時間ダイオード又はクランマー・ダイオードとしてバイポーラ・トランジスタのスイッチング速度の向上に適している。

この発明による半導体ダイオードの長所は、プレーナ形デバイスとして構成され、それによつて化合物半導体例えばガリウム・ヒ素の集積回路をも可能にすることである。

第4図乃至第6図にこの発明による半導体ダイオードの製造過程の3段階を示す。

第4図には2成分、3成分又は4成分化合物半導体例えばガリウム・ヒ素、インジウム・リン、ガリウム・アルミニウム・ヒ素等の半絶縁性材料の半導体基板2の断面の一部が示されている。この基板は真性半導体とすることができる。基板内

オーム接触層を設けた後第2感光樹脂マスクを例えばひきはがし法によつて除去した半導体チップの一部を第6図に示す。オーム接触層6、7は特にゲルマニウム・金系のものであり例えばゲルマニウム・金・クロム・金層列又はゲルマニウム・金・ニッケル・金層列とすることができる。ドーブ領域3と4の間には真性半導体領域5が置かれている。半導体基板2が真性であれば領域5は領域3と4を離しておくだけで自然に形成されるが、基板2が真性でない場合には適当なドーピングによつて領域5の箇所を真性にする。半導体基板は一般には半絶縁性の材料で作られ、無ドーブ状態では室温において $10^4 \Omega \text{cm}$ の比抵抗を示す。

第4図乃至第6図の工程の代りに真性半導体基板2の表面に全体がn型又はn<sup>+</sup>型にドーブされたエピタキシャル層を析出させ、第4図に示した感光樹脂マスク9の陰面に相当する感光樹脂マスクを使用してこのエピタキシャル層を基板表面に達するまで蝕刻することも可能である。これによ

にドーブ領域3、4を作るため基板表面に第1感光樹脂マスク9を設ける。このマスクには領域3と4の形成個所に開孔があり、この開孔を通して拡散又はイオン注入によりドーブ領域3と4が作られる。領域3、4は多くの場合nドーブとする。領域3と4に対して同種ではあるが濃度の異なるドーピングを行なう場合には、第4図に示されている工程段の前に補助の写真蝕刻過程を追加してドーブ濃度を低くする方の領域例えば3を被覆し、領域4は露出させておく。場合によつてはこれを逆にしてもよい。イオン注入によつてドーブする場合にはイオン注入処理に続いて例えば840℃、20分間の回復処理を実施する。

第4図の構造から第1感光樹脂マスク9を除去し、オーム接触層を設けるための開孔を備える第2感光樹脂マスク10をとりつけた半導体チップの一部を第5図に示す。マスク10の開孔内には例えば蒸着によつてオーム接触層6と7を設ける(第6図)。

つてもドーブ領域3と4の間に真性半導体領域5がはさまれた構造が作られる。オーム接触6と7の形成は第5図、第6図の場合と同じ方法による。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図と第2図はこの発明の一つの実施例の一部の断面図と平面図、第3図はこの実施例の電流電圧特性曲線を示し、第4図乃至第6図は第1図、第2図の半導体ダイオードの製造工程の3段階においての半導体チップの断面構造を示す。第1図、第2図において2：半導体基板、3と4：同種ドーブ領域、5：真性半導体領域、6と7：オーム接触。

